



Безопасность  
в техносфере  
rintd.ru

Система управления  
эвакуацией людей  
eesystem.ru



ISBN 978-5-4344-0523-2



9 785434 405232

Безопасность в техносфере 12

Удмуртское региональное отделение  
Общероссийской общественной организации  
«Российское научное общество анализа риска»

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

# Безопасность в техносфере

12



Ижевск 2018

Удмуртское региональное отделение  
Общероссийской общественной организации  
«Российское научное общество анализа риска»

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

# **БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ**

*Сборник статей*

*Выпуск 12*



Ижевск  
2018

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

Б40

*Научный редактор:*

доктор технических наук, профессор В. М. Колодкин

*Председатель организационного комитета:*

руководитель Российского научного общества анализа риска,  
кандидат психологических наук М. И. Фалеев

**Б40 Безопасность в техносфере** : сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. — 164 с.

ISBN 978-5-4344-0523-2

Данный сборник, в основном, соответствует материалам, представленным на XII Международной конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема Конференции — Цифровые системы обеспечения безопасности.

Рассмотрены вопросы интеграции цифровых подсистем, таких как подсистема автоматического контроля количества людей в помещениях здания, подсистема автоматического мониторинга среды в горящем здании и т.д., в интегрированную систему автоматического формирования указаний людям путей эвакуации из горящего здания в режиме реального времени.

В статьях раскрываются принципы организации системы, вопросы создания математического, алгоритмического и программного обеспечения. Содержание статей дает системное представление о современных проблемах безопасности в техносфере и способах их решения.

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

**ISBN 978-5-4344-0523-2**

© УРО ООО «Российское научное общество анализа риска», 2018

© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

<b>I Цифровые системы обеспечения безопасности</b> . . . . .	5
<i>В.М. Колоджин, Б.В. Чирков, Д.Е. Ушаков</i>	
Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании . . .	6
<i>Б.В. Чирков</i>	
Методы совершенствования и алгоритмы управления эвакуацией из здания . . . . .	19
<i>А.М. Сивков</i>	
Протокол последовательной передачи данных . . . . .	45
<i>Д.Е. Ушаков, Б.В. Чирков</i>	
Исследование ограничений расстановки беспроводных узлов на базе микроконтроллера ATmega128RFA1 . . . .	48
<i>А.М. Сивков, А.Н. Семакина</i>	
Об электрической схеме подключения сенсора инфракрасных лучей . . . . .	53
<i>А.М. Сивков, Д.А. Пухова</i>	
О влиянии солнечного света на инфракрасный сенсор .	56
<i>С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина</i>	
Результаты разработки, реализации и внедрения программного комплекса «СОУЭ-ПК» на инфраструктурных объектах ОАО «РЖД» . . . . .	58
<b>II Техносферная безопасность</b> . . . . .	67
<i>М.Э. Галиуллин</i>	
Картографическая подсистема веб-сервиса оценки риска на техногенных объектах . . . . .	68
<i>А.В. Радикова, В.О. Анашин</i>	
Анализ и оценка аварийного риска с точки зрения системного анализа . . . . .	83
<i>В.О. Анашин, А.В. Радикова</i>	
Ранжирование территорий по уровню коллективного риска при авариях на техногенных объектах на примере автозаправочных станций . . . . .	88
<i>А.В. Романенко, Г.М. Чигвинцев, С.В. Широков, Д.В. Варламов, С.Ю. Загуменов</i>	
Проект противопожарного комплекса для повышения безопасности людей и эффективности применения средств индивидуальной защиты и средств пожаротушения . . . . .	96

<i>Д.М. Варламова</i>	
Обзор существующих методов по оценке экономической эффективности систем пожарной безопасности . . . . .	108
<i>И.М. Янников, В.С. Кужлин, В.И. Молчанов, А.Е. Любаков</i>	
О некоторых аспектах применения спринклерных установок пожаротушения на производстве . . . . .	115
<i>А.С. Соловьева, М.В. Телегина</i>	
Поддержка принятия решений по обеспечению безопасности химически опасных объектов . . . . .	121
<i>Ф.В. Недопекин, Н.С. Шестакин, А.В. Несова</i>	
Анализ потенциала поглощения диоксида углерода на перспективных участках его хранения в Донбассе . . . . .	126
<i>И.М. Янников, М.В. Шабардин, М.В. Телегина</i>	
Экологическое картографирование реабилитируемых территорий . . . . .	133
<i>А.Ю. Лучина</i>	
Двухскоростная модель движения газожидкостной смеси в аэротенках с пневматической системой аэрации . . . . .	138
<i>И.М. Янников, И.Н. Вологжанин, Р.Г. Бадамшина</i>	
Проблематика автоматизации прогнозирования паводков и наводнений . . . . .	143
<i>Д.М. Костин</i>	
Автоматизированная система персонифицированного учета нарушений требований охраны труда . . . . .	148
<i>В.В. Бодряга, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов</i>	
Экологическая проблема утилизации графитной спели при переливах чугуна . . . . .	154

# Раздел II

## Техносферная безопасность

УДК 004.031.4

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА АВАРИЙНОГО РИСКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

*А.В. Радикова, В.О. Анашин*

Удмуртский государственный университет г. Ижевск, Россия

e-mail: *anna.radikova.ar@gmail.com, anashin2111@gmail.com*

*Процедура анализа и оценки аварийного риска производственного объекта характеризуется такой величиной как неопределенность. Решение этой проблемы возможно с применением системного анализа при количественной оценке аварийного риска. Построение общей модели типовых производственных объектов с привлечением методов системного анализа позволяет получить возможность сопоставимости результатов оценки аварийных рисков производственных объектов.*

**Ключевые слова:** производственный объект, аварийный риск, web-сервис оценки рисков, системный анализ.

### Введение

Любое опасное производство (объекты нефтегазового комплекса, химически опасные объекты и т.п.) представляют угрозу жизни и здоровья персонала и проживающего вблизи населения. Мера опасности для таких объектов выражается в показателях риска.

Под количественной оценкой риска (КОР) аварии понимается определение значений числовых характеристик случайной величины ущерба (человеку, имуществу и окружающей среде) от аварий на опасных производственных объектах (ОПО). В количественной оценке риска аварии оцениваются значения вероятности (частоты) и соответствующей степени тяжести последствий реализации различных сценариев аварий для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды [1].

Анализ опасностей на объекте выявляет все возможные аварийные ситуации, которые могут повлечь за собой причинение вреда здоровью и/или жизни людей и значительный материальный ущерб. Оценка риска включает в себя прогнозирование последствий каждой аварийной ситуации, выявленной на этапе анализа опасностей. При этом масштабы любой аварийной ситуации на объекте зависят от множества факторов (например, время

года, скорость и направление ветра, температура воздуха и т.д.), влияющих на конечный результат. Решение проблемы неопределенности количественной оценки риска на типовых объектах возможно с привлечением методов системного анализа.

### Количественная оценка аварийного риска

При проведении процедуры КОР необходимо провести анализ опасностей на объекте, определить вероятности/частоты и тяжесть последствий и/или ущерба от возможных аварий, что в совокупности отобразится в значениях показателей риска [2]:

- 1 Индивидуальный риск ( $R_{\text{инд.}}$ ) – ожидаемая частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии.
- 2 Коллективный риск ( $R_{\text{колл.}}$ ) – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени.

Индивидуальный и коллективный риск – это численные значения, величина опасности, которую представляет собой объект для человека/группы лиц в течение одного года.

- 3 Потенциальный риск ( $R_{\text{пот.}}$ ) – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории. Представляет собой ситуационный план объекта в виде изолиний, показывающих распределение значений риска гибели людей от поражающих факторов аварий по территории ОПО и прилегающих территорий в течение года.
- 4 Социальный риск ( $F(x)$ ) – зависимость частоты возникновения сценариев аварий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек, от этого числа  $N$ . График ступенчатой функции, описывающей зависимость ожидаемой частоты аварий, в которых в может погибнуть не менее человек, от числа погибших .

В настоящее время на законодательном уровне РФ утверждено несколько методических рекомендаций оценки рисков на опасных объектах [2–4].

## Системный анализ в определении аварийного риска объекта

Количественная оценка риска аварий проводится с целью обоснования безопасности производственных объектов, поэтому важно соблюдать некоторые принципы в ходе проведения процедуры КОР:

- достоверность данных, характеризующих производственный объект;
- использование только действующих методических рекомендаций на момент проведения процедуры КОР;
- единообразие методов идентификации опасностей, частотного и вероятностного анализа и расчетов, выполняемых при прогнозировании последствий аварий, для идентичных групп объектов (например, АЭС, котельных, химически опасных объектов и т.д.).

Таким образом, следуя этим принципам, становится возможным провести сравнительный анализ среди идентичных групп объектов и объективно выделить наиболее опасные зоны (или объекты), становится понятным, где и в каком количестве (относительно других объектов) необходимо сосредоточить ресурсы для обеспечения безопасной эксплуатации объекта. Такой подход позволит выделить безопасные зоны, что необходимо при планировании развития инфраструктуры.

Примером этому может послужить Web-сервис Американского красного креста [5], где представлены карты рисков возникновения природных катастроф. На отечественном рынке представлено 2 продукта, схожих по назначению с зарубежным. Так, Консорциум «Интегра-С» - Интеллектуальные системы безопасности [6] представил продукт АПК «Безопасный город». Система Безопасный город реализована в городах Новомосковск, Отрадный, Пенза и Новочебоксарск. Он представляет собой совокупность комплексных средств автоматизации существующих и перспективных федеральных, региональных, муниципальных и объектовых автоматизированных систем на местном уровне, объединенных для решения задач в сфере обеспечения защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания, а также взаимодействующих с ними автоматизированных систем в рамках единой

региональной информационно-коммуникационной инфраструктуры [6]. Вторым продуктом, комплексом прогнозирования чрезвычайных ситуаций [7] компании ЗАО Конструкторское бюро «Панорама» предназначен для выполнения автоматизированного прогнозирования моделирования и оценки потенциальных последствий при возникновении чрезвычайной ситуации на радиационно опасном объекте, химически опасном объекте, взрывоопасном объекте и гидротехническом сооружении.

В качестве альтернативы был создан такой ресурс, который обеспечил выполнение принципов, предложенных выше. Web-сервис количественной оценки рисков аварий на производственных объектах содержит инструментарий, необходимый для обоснования безопасности объекта. Встроенные алгоритмы решения и заранее заданные частотные и вероятностные характеристики аварийных сценариев позволят минимизировать проблему неопределенности оценок риска [8].

**Примечание.** На момент написания статьи рабочая бета-версия сервиса доступна по адресу <http://beta.risktools.ru>.

### Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
3. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
4. Приказ Ростехнадзора от 29.06.2016 № 272 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности».
5. American Red Cross [Электронный ресурс]. – [http://maps.redcross.org/website/maps/arc\\_map\\_links.html](http://maps.redcross.org/website/maps/arc_map_links.html) (режим доступа: свободный, дата обращения 10.05.2018).

6. Консорциум «Интегра-С» [Электронный ресурс]. – <https://www.integra-s.com/> (режим доступа: свободный, дата обращения 10.055.2018).
7. АО Конструкторское бюро «Панорама» [Электронный ресурс]. – <https://gisinfo.ru> (режим доступа: свободный, дата обращения 10.055.2018).
8. Колесников Е.Ю. Анализ техногенного риска: проблемы и неопределенности / Проблемы анализа риска / 2013. Т. 10. № 5. С.14-21.

### **ANALYSIS AND ESTIMATION OF THE EMERGENCY RISK FROM THE POINT OF VIEW OF SYSTEM ANALYSIS**

*A. V. Radikova, V. O. Anashin*

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1  
e-mail: [anna.radikova.ar@gmail.com](mailto:anna.radikova.ar@gmail.com), [anashin2111@gmail.com](mailto:anashin2111@gmail.com)

*The procedure for the analysis and evaluation of the emergency risk of a production facility is characterized by such magnitude as uncertainty. The solution of this problem is possible with the use of system analysis in the quantitative assessment of emergency risk. The construction of a common model of standard production facilities with the use of methods of system analysis makes it possible to obtain the comparability of the results of an assessment of the emergency risks of production facilities.*

Keywords: production facility, emergency risk, risk assessment web service, system analysis.

*Научное издание*

Научный редактор  
Колодкин Владимир Михайлович

# **БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ**

Сборник статей

*Выпуск 12*

Компьютерный набор и верстка  
Радикова Анна Владимировна

*Авторская редакция*

Подписано в печать 18.06.2018. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ .  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 10,12.  
Гарнитура Computer Modern Roman. Бумага офсетная № 1.  
Тираж 100 экз. Заказ № 18-34.

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований»  
426057, г. Ижевск, ул. К. Маркса, д. 250, кв. 55  
E-mail: mail@rcd.ru Тел./факс: +7 (3412) 50-02-95